不同增钙模式对蛋鸡生产性能、胫骨质量和血清生化指标的影响

孔路欣　臧素敏*　刘培培　李泽茹

（河北农业大学动物科技学院，保定 071000）

摘　要：本试验旨在研究不同增钙模式对蛋鸡生产性能、胫骨质量以及血清相关生化指标的影响，以确定蛋鸡生产过程中饲粮钙的增加模式以及钙的添加量。选取 18 周龄海兰灰商品蛋鸡 480 只，随机分为 4 组，每组 4 个重复，每个重复 30 只。增钙时间点分别为 18 周龄以及产蛋率为 5%、50%和 90%时，各时间点增钙方式分别为：Ⅰ组 2.00%、2.20%、2.40%和 3.75%；Ⅱ组 2.00%、2.50%、3.00%和 3.75%；Ⅲ组 2.00%、3.00%、3.75%和 3.75%；Ⅳ组 2.00%、3.75%、3.75%和 3.75%。试验期 9 周。结果表明：1）Ⅲ组蛋鸡产蛋率显著高于Ⅰ组和Ⅳ组（$P<0.05$），各组间平均日产蛋重差异不显著（$P>0.05$）；2）Ⅲ组胫骨强度、胫骨重、胫骨钙含量显著高于Ⅰ组和Ⅱ组（$P<0.05$），与Ⅳ组差异不显著（$P>0.05$）；3）蛋鸡产蛋率达 50%时，Ⅰ组和Ⅱ组血钙含量显著高于Ⅲ组和Ⅳ组（$P<0.05$）；产蛋率达 90%时，Ⅳ组血钙含量显著高于Ⅰ组和Ⅱ组（$P<0.05$），Ⅲ组与Ⅳ组差异不显著（$P>0.05$）。结果提示：当蛋鸡产蛋率达 5%、50%和 90%时，饲粮钙水平分别为 3.00%、3.75%和 3.75%有助于提高蛋鸡产蛋率，改善体况和稳定骨骼质量，同时不造成钙源浪费。

关键词：钙；蛋鸡；生产性能；胫骨质量；血清生化指标

中图分类号：S831.4　　文献标识码：A　　文章编号：1006-267X（2016）00-0000-00

目前，我国现行的《鸡饲养标准》[1]对产蛋鸡营养需要分为初产至产蛋率大于 85%和产蛋率小于 85% 2 个阶段，而 NRC（1994）[2]家禽营养需要则提供的是 18 周龄至产蛋的需要量。蛋鸡从开产到产蛋高峰这期间机体对营养物质的需要存在很大的差异。生产中钙的增补模式多种多样，有的在产蛋率达 5%时更换高钙饲粮，有的在产蛋率达 50%时更换高钙饲粮，还有在产蛋率达 90%时更换高钙饲粮。饲粮中的钙含量直接影响蛋鸡的生产性能，钙含量不足，导致蛋壳中钙的沉积减少，软壳蛋、破壳蛋数量增加，钙的缺乏还会影响骨骼的发育，尤其产蛋鸡会动用骨骼中的钙，造成骨骼中大量的矿物质分解形成蜂窝状，引起骨质疏松或

收稿日期：2015–11–10

基金项目：河北省蛋鸡体系专项资金

作者简介：孔路欣（1989–），女，河北邢台人，硕士研究生，研究方向为饲料与动物营养。

E-mail: kongluxinkong@126.com

*通信作者：臧素敏，教授，硕士生导师，E-mail: suminzang@163.com

骨变形[3]。然而，饲粮中钙含量过高又会引起蛋鸡严重腹泻，甚至会引发痛风[4]，从而给蛋鸡产业造成巨大损失。因此，探究产蛋期间蛋鸡饲粮不同的增钙模式对满足蛋鸡生产需要具有重要的意义。本试验旨在研究不同增钙模式在蛋鸡生产过程中对蛋鸡生产性能、胫骨质量以及血清相关生化指标的影响，确定初产蛋鸡饲粮中适宜的增钙模式，为生产实践提供理论依据。

1　材料与方法

1.1　试验时间与地点

试验于 2014 年 7 月至 2014 年 10 月在河北农业大学动物科技学院标本园农场完成。试验期 10 周，其中预试期 1 周，正试期 9 周。

1.2　试验动物与处理

试验选取 480 只 18 周龄海兰灰蛋鸡，随机分为 4 组，分别为Ⅰ组、Ⅱ组、Ⅲ组和Ⅳ组，每组 4 个重复，每个重复 30 只。各组在基础饲粮（玉米–豆粕型）中添加不同水平的钙，各组钙添加水平见表 1。除钙水平外，饲粮其余营养成分均按 NRC（1994）[2]家禽营养标准配制，饲粮能量、粗蛋白质、粗脂肪、粗纤维以及有效磷含量一致。各组饲粮组成及营养成分水平见表 2。

试验鸡采用上、中、下 3 层全阶梯笼养方式，自由采食、饮水。每天观察鸡的精神状态、食欲和粪便情况并按照常规免疫程序进行免疫。鸡舍采用人工光照、自然通风，以保证鸡舍环境良好。

表 1　蛋鸡不同阶段各组钙添加水平（风干基础）

Table 1　Calcium supplementation levels in different groups and phases for laying hens (air-dry basis)　　%

项目 Items	组别 Groups			
	Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅳ
18 周龄 18 weeks of age	2.00	2.00	2.00	2.00
5%产蛋率 5% of laying rate	2.20	2.50	3.00	3.75
50%产蛋率 50% of laying rate	2.40	3.00	3.75	3.75
90%产蛋率 90% of laying rate	3.75	3.75	3.75	3.75

表 2　饲粮组成及营养水平（风干基础）

Table 2　Composition and nutrient levels of diets (air-dry basis)　　%

项目 Items	钙水平 Calcium levels/%

	2.00	2.20	2.40	2.50	3.00	3.75
原料 Ingredients						
玉米 Corn	60.97	62.04	61.93	62.19	63.02	61.86
豆粕 Soybean meal	24.05	23.81	24.09	24.35	25.20	25.84
麸皮 Wheat bran	8.00	6.57	5.83	4.98	1.89	0.50
石粉 Limestone	4.95	5.47	6.00	6.27	7.59	9.50
磷酸氢钙 $CaHPO_4$	0.73	0.81	0.85	0.91	1.00	1.00
食盐 NaCl	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30
预混料 Premix[1)]	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
合计 Total	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
营养水平 Nutrient levels[2)]						
代谢能 ME/(MJ/kg)	11.93	11.84	11.82	11.83	11.74	11.77
粗蛋白质 CP	17.58	17.38	17.38	17.37	17.31	17.25
钙 Ca	2.00	2.20	2.40	2.50	3.00	3.75
磷 P	0.459	0.453	0.449	0.449	0.439	0.427

1) 预混料为每千克饲粮提供 The premix provided the following per kg of diets：VA 10 000 IU，VD 2 000 IU，VB_1 0.5 mg，VB_2 4.0 mg，VE 10 mg，氯化胆碱 choline chloride 400 mg，VB_{12} 0.01 mg，泛酸 pantothenic acid 8 mg，烟酸 niacin 30 mg，叶酸 folic acid 0.5 mg，VK_3 2 mg，VB_6 2 mg，Cu 6.0 mg，Fe 40 mg，Mg 70 mg，Zn 50 mg，I 0.30 mg，Se 0.10 mg。

2) 代谢能为计算值，其余为测定值。ME was a calculated value, while the others were measured values.

1.3 样品采集与测定

1.3.1 生产性能

于每日 16：00，以重复为单位每天记录产蛋数、蛋重，每周统计采食量和鸡只死亡数，计算产蛋率、平均日产蛋量、平均日采食量、料蛋比和畸形蛋率。

1.3.2 体尺指标

于蛋鸡产蛋率达 90%当天，从每个重复随机选取 3 只鸡，用游标卡尺和软尺分别测定每只鸡的体斜长、龙骨长、耻骨间距、髋骨宽、胫长和胫围。

1.3.3 骨质量

试验结束当日，各重复随机选取 3 只试验鸡按解剖要求进行屠宰，分割左右腿，并将肉

完全剔除干净。

右腿用于胫骨强度的测定，采用 CMT5504 数显万能试验机测定胫骨折断力（即胫骨强度），参数设置：跨度 40 mm，位移速度 10 mm/min，匀速加载至标本断裂，记录胫骨断裂时的强度，胫骨强度以 N 为单位表示。

左腿用于胫骨重、胫骨指数、胫骨钙磷含量的测定，采用乙醚浸泡脱脂 24 h 后，105 ℃烘至恒重，称取胫骨重，并结合体重计算胫骨指数。将胫骨压碎，放入坩埚于马福炉中 600 ℃灰化 18 h 测定粗灰分含量，之后加入盐酸使之溶解，测定钙磷含量。

胫骨指数（%）=胫骨重(g)/体重(g)×100。

1.3.4　血清生化指标

于蛋鸡产蛋率达 50%和 90%当天，从每个重复随机选取 3 只鸡，采取翅静脉采血 10 mL，3 000 r/min 离心 10 min，收集血清分装于 1.5 mL 离心管中，−20 ℃下保存。分别采用甲基百里香酚蓝比色法测定血钙，磷钼酸法测定血磷，酶联免疫吸附法(ELISA)测定甲状旁腺激素（parathyroid hormone，PTH）、降钙素（calcitonin，CT）和骨钙素（osteocalcin，BGP）含量。

1.4　数据处理

试验数据使用 SPSS 17.0 统计软件对数据进行单因素方差分析（one-way ANOVA），所有数据以平均值±标准差（$\overline{X} \pm SD$）表示，以 P<0.05 作为差异显著性，当差异显著时采用 Duncan 氏法进行多重比较。

2　结果与分析

2.1　不同增钙模式对蛋鸡生产性能的影响

由表 3 可知，III组产蛋率与 I 组、II 组和Ⅳ组相比分别提高了 6.34%（P<0.05）、1.75%（P>0.05）和 3.51%（P<0.05）。各组间平均日产蛋重差异不显著（P>0.05）。I 组平均日采食量显著高于其他各组（P<0.05），II 组、III组和Ⅳ组间差异不显著（P>0.05）。I 组软破壳畸形蛋率显著高于其他各组（P<0.05），II 组、III组和Ⅳ组间差异不显著（P>0.05）。

表 3　不同增钙模式对蛋鸡生产性能的影响

Table 3　Effects of different calcium supplementation modes on growth performance of laying hens

项目 Items	组别 Groups			
	I	II	III	Ⅳ
产蛋率 Laying rate/%	59.14±1.38[c]	61.81±1.15[ab]	62.89±1.26[a]	60.76±1.95[b]

平均日产蛋重 Average daily egg weight/g	48.79±1.79	49.14±1.91	49.46±2.18	49.34±1.87
平均日采食量 Average daily feed intake/g	124.32±0.81[a]	123.71±0.12[b]	123.59±0.23[b]	123.29±0.22[b]
料蛋比 Ratio of feed to egg	2.55±0.95	2.52±0.10	2.48±0.11	2.48±0.93
畸形蛋率 Deformity egg rate/%	0.19±0.03[a]	0.12±0.01[b]	0.09±0.06[b]	0.12±0.01[b]

同行数据肩标不同小写字母表示差异显著(P<0.05)，相同或无字母表示差异不显著(P>0.05)。下表同。

In the same row, values with different small letter superscripts mean significant difference (P<0.05), while with the same or no letter superscripts mean no significant difference (P>0.05). The same as below.

2.2 不同增钙模式对蛋鸡体尺指数的影响

由表 4 可知，III组耻骨间距最大，与 I 组、II 组和IV组相比分别提高了 21.88%（P<0.05）、1.30%（P>0.05）和 1.56%（P>0.05）。III组和IV组髋骨宽显著高于 I 组和 II 组（P<0.05）。不同增钙模式对蛋鸡体斜长、胸骨长、胫骨长和胫围无显著影响（P>0.05）。

表 4 不同增钙模式对蛋鸡体尺指数的影响

Table 4 Effects of different calcium supplementation modes on body size indices of laying hens cm

项目 Items	组别 Groups			
	I	II	III	IV
体斜长 Body slanting length	19.68±0.51	19.83±0.61	20.14±0.95	19.88±0.95
胸骨长 Keel length	10.26±0.32	10.35±0.30	10.82±1.07	10.45±0.31
耻骨间距 Pubic space	3.20±0.50[b]	3.85±0.27[a]	3.90±0.22[a]	3.84±0.29[a]
髋骨宽 Hip width	6.80±0.51[b]	6.88±0.50[b]	7.94±0.32[a]	7.59±0.48[a]
胫骨长 Tibia length	9.00±0.27	8.90±0.25	9.03±0.23	8.95±0.42
胫围 Tibia girth	3.85±0.13	3.88±0.16	3.88±0.17	3.85±0.05

2.3 不同增钙模式对蛋鸡胫骨质量的影响

由表 5 可知，不同增钙模式对蛋鸡胫骨强度、胫骨重和胫骨钙造成了显著影响（P<0.05）。其中，III组和IV组胫骨强度显著高于 I 组和 II 组（P<0.05）；III组胫骨重显著高于 I 组和 II 组（P<0.05）；III组胫骨钙与 I 组、II 组和IV组相比分别提高了 7.31%（P<0.05）、3.04%（P<0.05）和 1.98%（P>0.05）。各组间胫骨指数和胫骨磷含量差异不显著（P>0.05）。

表 5 不同增钙模式对蛋鸡胫骨质量的影响

Table 5 Effects of different calcium supplementation modes on tibia quality of laying hens

项目 Items	组别 Groups			
	I	II	III	IV
胫骨强度 Tibia intensity/N	144.03±14.35[b]	152.1±18.52[b]	174.35±15.57[a]	161.91±21.99[a]
胫骨重 Tibia weight/g	4.29±0.39[b]	4.55±0.24[b]	5.16±0.74[a]	4.76±0.52[ab]
胫骨指数 Tibia index	3.01±0.30	3.07±0.15	3.25±0.37	3.12±0.32
胫骨钙 Tibia calcium/%	36.95±1.17[c]	38.48±1.51[b]	39.65±1.14[a]	38.88±1.41[ab]
胫骨磷 Tibia phosphorus/%	16.38±1.72	16.47±1.34	16.64±1.42	16.45±1.19

2.4 不同增钙模式对蛋鸡血清生化指标的影响

由表 6 可知，产蛋率达 50%时，Ⅰ组、Ⅱ组、Ⅲ组和Ⅳ组血钙含量依次降低，其中Ⅰ组和Ⅱ组显著高于Ⅲ组和Ⅳ组（P<0.05）；而产蛋率达 90%时，Ⅰ组、Ⅱ组、Ⅲ组和Ⅳ组血钙含量依次升高，Ⅳ组显著高于Ⅰ组和Ⅱ组（P<0.05）。产蛋率达 50%时，Ⅰ组、Ⅱ组、Ⅲ组和Ⅳ组血磷含量依次降低，Ⅰ组显著高于Ⅲ组和Ⅳ组（P<0.05）；产蛋率达 90%时，各组间血磷含量无显著差异（P>0.05）。在产蛋全期，Ⅲ组和Ⅳ组血清 PTH 含量均显著低于Ⅰ组（P<0.05）；Ⅲ组和Ⅳ组血清 CT 含量显著高于Ⅰ组和Ⅱ组（P<0.05）。产蛋率达 50%时，各组间血清 BGP 含量无显著差异（P>0.05）；但是产蛋率达 90%时，Ⅲ组和Ⅳ组显著低于Ⅰ组（P<0.05）。

表 6 不同增钙模式对蛋鸡血清生化指标的影响

Table 6 Effects of different calcium supplementation modes on serum biochemical indices of laying hens

项目 Items	产蛋率 Laying rate/%	组别 Groups			
		I	II	III	IV
钙 Ca/(mmol/L)	50	5.51±0.39[a]	5.36±0.46[a]	4.96±0.69[b]	4.55±0.56[b]
	90	4.37±0.41[b]	4.39±0.30[b]	4.62±0.36[ab]	4.74±0.33[a]
磷 P/(mmol/L)	50	2.51±0.59[a]	2.06±0.74[ab]	1.86±0.47[b]	1.66±0.37[b]
	90	2.02±0.48	1.79±0.58	1.72±0.41	1.62±0.68
甲状旁腺激素 PTH/(μg/L)	50	503.31±12.67[a]	406.23±15.32[ab]	379.26±16.34[b]	388.39±14.84[b]
	90	636.21±17.65[a]	561.37±15.89[ab]	348.18±18.01[b]	345.26±17.62[b]
降钙素 CT/(ng/L)	50	350.32±11.23[b]	357.45±12.89[b]	467.61±14.76[a]	414.32±15.62[a]
	90	517.27±17.06[b]	647.36±18.03[b]	729.74±16.42[a]	798.34±17.32[a]

骨钙素 BGP/(μg/L)	50	4.32±0.57	4.62±0.67	4.33±0.85	4.56±0.73
	90	6.78±0.93[a]	5.97±0.64[ab]	5.23±0.79[b]	5.24±0.84[b]

3 讨 论

3.1 不同增钙模式对蛋鸡生产性能的影响

钙在蛋鸡体内的调节是一种复杂严密的过程，受到平均日采食量和机体分泌激素等多种因素制约和影响，血液中调节钙代谢的激素均通过肠、骨和肾发挥作用[5]。钙对于雏鸡和青年鸡来说，大部分用于骨骼的形成，而蛋鸡采食的钙除部分形成骨骼外，绝大部分用于形成蛋壳随蛋排出体外[6]。与其他家畜相比，蛋鸡体内钙总是处于高代谢状态，高产蛋鸡必须每天从饲粮中吸收大量的钙矿物质才能满足蛋壳钙化的需要[7-8]。本试验研究发现，饲粮不同的钙添加模式显著影响了蛋鸡产蛋率，其中当蛋鸡产蛋率达 5%、50%和 90%时，饲粮钙水平分别为 3.00%、3.75%和 3.75%与其他添加模式相比产蛋率分别提高了 6.34%、1.75%和 3.51%。这说明饲粮适宜的钙水平以及添加模式对于提高产蛋鸡的产蛋率来说具有显著作用。这与章世元等[9]对新扬州鸡的研究结果一致。然而，随着饲粮钙水平的提高，蛋鸡平均日采食量出现降低，这可能与钙对蛋鸡的平均日采食量的调节作用有关。研究发现，尽管能量是蛋鸡采食量主要控制因素，但是钙对蛋鸡采食量也有显著影响，实现通过调节平均日采食量来维持钙的摄入[10]。同时，Mongin 等[11]研究也发现，在低钙饲粮条件下蛋鸡的平均日采食量显著增加，以获取充足钙质。饲粮钙水平对于蛋壳质量同样重要，高中花[12]研究发现，产蛋高峰期蛋鸡饲粮中钙的含量低于 3.5%时，会引起产薄壳蛋率显著增加。这与本试验饲粮添加高水平的钙显著降低了畸形蛋率的结果一致。

3.2 不同增钙模式对蛋鸡体尺指数的影响

体尺是反映动物机体生长发育的重要指标，受品种、年龄、性别、营养水平和环境等多种因素影响[13]。本试验结果表明，随着饲粮钙水平的提高蛋鸡耻骨间距出现先增加后降低的趋势，其中当蛋鸡产蛋率达 5%、50%和 90%时，饲粮钙水平分别为 3.00%、3.75%和 3.75%组耻骨间距最大，分别显著高于钙水平分别为 2.20%、2.40%和 3.75%组，高于钙水平分别为 2.50%、3.00%和 3.75%组以及钙水平均为 3.75%组。然而，髋骨宽却随饲粮钙水平提高显著降低。饲粮钙的营养水平对蛋鸡体斜长、胸骨长、胫骨长和胫围影响不显著，这与朱由彩等[14]研究结果一致。研究认为，饲粮营养水平对蛋鸡体型的影响主要集中在 7 周龄前，而对产蛋期的体尺和第二性特征发育影响不大[15]，且不同类型地方鸡品种体尺性状差异明显。

3.3　不同增钙模式对蛋鸡胫骨质量的影响

蛋鸡生产过程中钙是所有矿物质元素中含量最高的，钙的缺乏和过量均会引起各种疾病，动物缺钙时最基本的病症为骨骼疾患[16]。幼龄动物缺钙会导致骨质硬度降低，腿骨弯曲等疾病；成年动物缺钙会造成骨质软化病。目前，笼养蛋鸡骨代谢障碍疾病主要是由于饲粮中钙的供给不足导致。本试验研究结果表明，饲粮钙的添加水平和模式显著影响了蛋鸡胫骨强度、胫骨重和胫骨钙，其中胫骨强度随着钙的添加水平升高而增强，这与 Frost 等[17]的研究结果一致。胫骨钙和胫骨磷含量随着饲粮中钙的添加水平升高呈先上升后下降的变化趋势[18]，其中当蛋鸡产蛋率达 5%、50%和 90%时，饲粮钙水平分别为 3.00%、3.75%和 3.75%有利于蛋鸡骨骼的生长以及骨钙、骨磷的沉积。

3.4　不同增钙模式对蛋鸡血清生化指标的影响

饲粮不同增钙模式显著影响了蛋鸡骨代谢激素的分泌，其中 PTH 由甲状旁腺产生，可抑制破骨细胞转变为成骨细胞，并且可以激活大量位于骨内膜的骨原细胞，形成前破骨细胞和新破骨细胞[19]；CT 可抑制溶骨，使骨中钙释放减少，通过降低骨细胞胞浆的钙离子浓度，从而减少骨液中钙的转移，另外，CT 还可以抑制破骨细胞活性，促使破骨细胞转为成骨细胞。PTH 和 CT 作为调节体内钙代谢的 2 种重要激素，通过相互作用共同维持血钙的稳定。从本试验可以发现，随着饲粮钙水平的提高，血清 PTH 含量显著降低，而 CT 含量却显著升高，这说明饲粮添加较高水平的钙，有助于破骨细胞转为成骨细胞，降低骨钙的动员，从而有效保护骨组织。同时，通过比较血钙、血磷含量的差异性变化结果，可以发现饲粮添加较高水平的钙有助于降低血钙和血磷含量，这也可能与 PTH 和 CT 对钙和磷的调节有关。BGP 是由成骨细胞产生的一种非胶原蛋白，是成骨细胞产生的一类多肽物质，其对骨形成和骨转换有重要的评价意义[20]。本试验中当蛋鸡产蛋率达 90%、饲粮钙水平为 3.75%时，血清 BGP 含量降低，这表明较高水平的钙可在一定程度上降低骨代谢的活跃程度，降低骨钙代谢疾病的发生率[9]。

4　结　论

在本试验条件下，饲粮不同增钙模式对蛋鸡的生产性能和内分泌机能产生明显的影响。当蛋鸡产蛋率达 5%、50%和 90%时，饲粮钙水平分别为 3.00%、3.75%和 3.75%有助于提高蛋鸡产蛋率，改善体况和稳定骨骼质量，同时不造成钙源浪费。

参考文献：

[1]　中华人民共和国农业部.鸡饲养标准[S].北京:中国农业出版社,2004.

[2]　NRC.Nutrient requirements of poultry[S].9th ed.Washington D.C.:National Academic

Press,1994.

[3] 杨凤.动物营养学[M].北京:中国农业出版社,1993.

[4] GUO X,HUANG P K,TANG J.Clinicopathology of gout in growing layers induced by high calcium and high protein diets[J].British Poultry Science,2005,46(5):641–646.

[5] 马利芹,吕文亭,杨永红,等.依普黄酮对笼养蛋鸡生产性能和蛋品质的影响[J].中国家禽,2011,33(22):20–23.

[6] 洪平,周桂莲,蒋守群,等.饲粮钙水平对 49~56 周龄黄羽肉种鸡繁殖性能和胫骨性能的影响[J].动物营养学报,2013,25(2):310–318.

[7] 余定棣,敖礼林.钙对家禽生产的重要影响及应用[J].中国家禽,2006,28(3):26,28.

[8] 袁旭红,张玲.蛋壳的形成机理及其质量控制[J].畜禽业,2008(10):38–39.

[9] 章世元,俞路,王雅倩,等.日粮钙磷水平对笼养蛋鸡骨代谢及骨超微结构的影响[J].核农学报,2008,22(5):732–738.

[10] SAUVEUR B,MONGIN P.Effects of time-limited calcium meal upon food and calcium ingestion and egg quality[J].British Poultry Science,1974,15(3):305–313.

[11] MONGIN P,SAUVEUR B.Voluntary food and calcium intake by the laying hen[J].British Poultry Science,1974,15(4):349–359.

[12] 高中花.产蛋鸡补钙的技巧[J].江西饲料,2008(4):38–39.

[13] 万建洪,张军,池智贤,等.溧阳鸡体尺测量及屠宰性能测定[J].畜牧与兽医,2011,43(5):41–43.

[14] 朱由彩,李吕木,詹凯,等.日粮粗蛋白水平对淮南麻黄鸡种鸡产蛋性能的影响[J].中国家禽,2013,35(8):25–29.

[15] 王润莲,张锐,陈亚轩,等.贵妃鸡体尺性状及骨骼特性分析[J].中国家禽,2012,34(23):60–61,64.

[16] 计成.动物营养学[M].北京:高等教育出版社,2008.

[17] FROST T J,ROLAND D A Sr.The influence of various calcium and phosphorus levels on tibia strength and eggshell quality of pullets during peak production[J].Poultry Science,1991,70(4):964–969.

[18] 张志强.蛋鸡小麦添加非淀粉多糖酶日粮适宜钙磷水平的研究[D].硕士学位论文.保定:河北农业大学,2012.

[19] 马利芹,杨永红,利凯.依普黄酮对笼养蛋鸡骨质疏松症相关激素的影响[J].中国畜牧兽

医,2011,38(11):86–89.

[20] 杜莹,邵敏,陈小华,等.骨康冲剂对骨质疏松症 BMD、BGP、PYD、E_2、T 的干预[J].中国骨质疏松杂志,2006,12(3):283–285.

Different Calcium Supplementation Modes Affect Production Performance, Tibia Quality and Serum Biochemical Indices of Laying Hens

KONG Luxin ZANG Sumin* LIU Peipei Li Zeru

(*College of Animal Science and Technology, Agricultural University of Hebei, Baoding* 071000, *China*)

Abstract: This study was conducted to investigate the effects of different calcium supplementation modes on production performance, tibia quality and serum biochemical indices of laying hens, with an aim to determine the optimal supplementation mode and amount of calcium in production. Four hundred and eighty 18-week-old Hy-Line Gray commercial layers were divided into 4 groups with 4 replicates each and 30 hens in each replicate. The calcium was supplemented at 18 weeks of age and when the laying rate was 5%, 50% and 90%, respectively. The calcium supplementation modes were: 2.00%, 2.20%, 2.40% and 3.75% for group Ⅰ; 2.00%, 2.50%, 3.00% and 3.75% for group Ⅱ; 2.00%, 3.00%, 3.75% and 3.75% for group Ⅲ; 2.00%, 3.75%, 3.75% and 3.75% for group Ⅳ. The experiment lasted for 9 weeks. The results showed as follows: 1) the laying rate of hens in group Ⅲ was significantly higher than that in group Ⅰ and group Ⅳ (P<0.05). No significant differences were observed in average daily egg weight among all groups (P>0.05). 2) The tibia strength, weight and calcium content in group Ⅲ were significantly higher than those in group Ⅰ and group Ⅱ (P<0.05), while were not significantly different compared with group Ⅳ (P>0.05). 3) Serum calcium content in group Ⅰ and group Ⅱ was significantly higher than that in group Ⅲ and group Ⅳ when the laying rate was 50% (P<0.05). And serum calcium content in group Ⅳ was significantly higher than that in group Ⅰ and group Ⅱ (P<0.05), but not significantly different compared with group Ⅲ (P>0.05) when laying rate was 90%. In conclusion, the 3.00%, 3.75% and 3.75% calcium supplementation level when the laying rate was 5%, 50% and 90% can improve laying rate and tibia quality of laying hens, and avoid calcium waste.

Key words: calcium; laying hens; production performance; tibia quality; serum biochemical indices

*Corresponding author, professor, E-mail: suminzang@163.com （责任编辑 田艳明）